

На правах рукописи

ЮРЬЕВА НАТАЛЬЯ ИВАНОВНА

**ЭКОЛОГО-АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПОД ОЗИМУЮ ПШЕНИЦУ
НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ЦЧЗ**

Специальность 06.01.04 – агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Брянск – 2015

Работа выполнена в отделе агрохимии ФГБНУ Научно-исследовательского института сельского хозяйства имени В.В. Докучаева

Научный руководитель доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора ФГБУ «САС «Таловская»
Мухина Светлана Валериевна

Официальные оппоненты: **Мязин Николай Георгиевич**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», заведующий кафедрой агрохимии и почвоведения

Лицуков Сергей Дмитриевич
доктор сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я.Горина», декан агрономического факультета, профессор кафедры земледелия и агрохимии

Ведущая организация ФГБНУ «Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

Защита состоится «27» февраля 2015 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 220.005.01 при ФГБОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия» по адресу: 243365, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская 2а, корпус 4, конференц-зал. E-mail: uchsovet@bgsha.com, факс: (80483-41) 24-721.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия» по адресу <http://www.bgsha.com>.

Автореферат разослан: « » 2015 года и размещен на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации: <http://vak2.ed.gov.ru>

Просим принять участие в работе совета или прислать свой отзыв в двух экземплярах, заверенных печатью.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Дьяченко Владимир Викторович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. Одним из основных направлений в развитии сельского хозяйства и решении продовольственной проблемы является производство зерна. Центральное Черноземье – один из крупнейших регионов России по производству товарного зерна. Основу его составляет зерновые культуры, среди них наибольший удельный вес имеет озимая пшеница, которая ежегодно занимает 20-25 % пашни.

Опыт возделывания зерновых культур свидетельствует о том, что повышение урожайности возможно лишь при условии комплексного учета всех факторов, определяющих рост, развитие и формирование урожая и его качества. Центральное место в группе оптимизационных факторов принадлежит использованию азотных, фосфорных, калийных удобрений, микроэлементов, так как именно они чаще всего определяют величину урожая. Рациональное их применение позволяет улучшить питание растений и значительно повысить плодородие почвы.

Как известно, минеральные удобрения содержат не только элементы минерального питания, но и балласт, который имеет в своем составе тяжелые металлы. Так как в производственном цикле применяются вещества, содержащие различные количества тяжелых металлов, поэтому их попадание в удобрения избежать невозможно.

Применение несбалансированных доз удобрений может приводить к ухудшению некоторых важнейших показателей плодородия почвы, снижению продуктивности культуры, загрязнению почвы и растительной продукции вредными веществами.

Ощутимый вред посевам озимой пшеницы наносят сорняки, которые не только снижают урожайность пшеницы, но и отрицательно влияют на качество зерна вследствие значительного конкурентного поглощения основных элементов питания.

В связи с этим возникает необходимость экологической и агрохимической оценки состояния чернозема обыкновенного и растениеводческой продукции озимой пшеницы в условиях применения различных систем удобрения агроэкосистемы зернопаропропашного севооборота.

Цель и задачи исследований. Дать агрохимическую и экологическую оценку применения различных систем удобрения под озимую пшеницу в условиях чернозема обыкновенного ЦЧЗ.

В процессе работы решались следующие задачи:

1. Оценить параметры содержания основных элементов в почве, обеспечивающих оптимизацию питания озимой пшеницы, максимальную урожайность зерна высокого качества;
2. Выяснить влияние различных систем удобрения на характер и направленность изменений химических, физико-химических, физических и микробиологических показателей чернозема обыкновенного;
3. Определить биохимический состав растениеводческой продукции в зависимости от применяемых агрохимикатов;

4. Дать экологическую оценку различных приемов применения агрохимических средств на содержание в почве и растениеводческой продукции тяжелых металлов и нитратов;

5. Определить вынос питательных веществ основной продукцией озимой пшеницы с учетом побочной при различных системах удобрения;

6. Изучить влияние удобрений на основные элементы фитосанитарной обстановки;

7. Дать биоэнергетическую и экономическую оценку применяемых агроприемов.

Научная новизна. Впервые дается сравнительная оценка действия различных систем удобрения на фоне кальцийсодержащих мелиорантов на плодородие чернозема обыкновенного ЦЧЗ, урожайность и качество продукции озимой пшеницы.

Установлена максимальная урожайность зерна озимой пшеницы от применения органо-минеральной системы удобрения и внесения в пар зернопаропропашного севооборота кальцийсодержащих материалов (5 т/га карбоната кальция или 5 т/га дефеката) – 5,20-5,32 т/га, сбор белка при этом составил 0,88 т/га.

Доказано, что применение кальцийсодержащих соединений повышает содержание в почве нитратного, аммонийного азота, подвижного фосфора, обменного калия, улучшает состав почвенно-поглощающего комплекса, увеличивая концентрацию обменного кальция, при этом не изменяя экологической обстановки окружающей среды.

Положения, выносимые на защиту.

1. Комплексное применение минеральных, органических удобрений, кальцийсодержащих материалов на черноземе обыкновенном способствует сохранению и воспроизводству почвенного плодородия, повышая гумусонакопление, содержание в почве минерального азота, подвижного фосфора, обменного калия, насыщение почвенно-поглощающего комплекса кальцием.

2. Совместное использование мелиорантов, туков и органических удобрений оказывает стимулирующее воздействие на численность и активность микробоценоза чернозема обыкновенного.

3. Изучаемые системы удобрения существенно не изменяют природных уровней тяжелых металлов. Их концентрация как в почве, так и в растениеводческой продукции значительно ниже ПДК, поэтому полученная продукция озимой пшеницы безопасна.

4. Взаимодействие органо-минеральной системы удобрения под озимую пшеницу и кальцийсодержащих соединений обеспечивает максимальный прирост урожая и сбора белка.

5. Вынос элементов минерального питания основной продукцией озимой пшеницы с учетом побочной выше в 4,5-11,4 раза, чем сорной растительностью в агроценозе.

Практическая значимость. Полученные экспериментальные результаты достоверно подтверждены сохранением почвенного плодородия, повышением урожайности и являются практической основой для эффективного применения

комплекса агрохимических средств при возделывании озимой пшеницы в условиях зернопаропропашного севооборота на черноземе обыкновенном ЦЧЗ.

Проведенные исследования позволили предложить хозяйствам Центрального Черноземья с различными организационно-экономическими возможностями варианты систем удобрения под озимую пшеницу, обеспечивающие получение с 1 га пашни до 1,46 т прибавки урожая, увеличение сбора белка до 0,88 т/га, что выше контроля на 51,7 %.

Результаты исследований могут найти практическое применение при разработке рекомендаций по применению кальцийсодержащих материалов совместно с различными системами удобрения.

Реализация результатов исследований. Проведенные исследования прошли производственную проверку в ФГУП ОПХ «Докучаевское», а также включены в проектную документацию ФГБУ «САС «Таловская» при разработке систем применения удобрений в севооборотах сельскохозяйственных предприятий Воронежской области.

Апробация работы и публикации. Результаты исследований докладывались на заседаниях проблемного и ученого советов ГНУ Воронежский НИИСХ им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии в 2008-2014 гг., на заседании Территориального координационного совета «Проблемы земледелия ЦЧЗ» (Каменная Степь, 2008 г.), научно-практической конференции, посвященной 100-летию ПНИИСХ (Пенза, 2009 г.), Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве с/х продукции» (Тамбов, 2009 г.), на межрегиональной научно-практической конференции молодых ученых «Молодые ученые агропромышленному комплексу Поволжья» (Саратов, 2010 г.), на заседании Всероссийской школы молодых ученых и специалистов «Перспективные технологии для современного сельскохозяйственного производства» (Каменная Степь, 2012 г.), Всероссийской школы молодых ученых и специалистов «Перспективные технологии для современного сельскохозяйственного производства» (ГНУ Владимирский НИИСХ Россельхозакадемии, Суздаль, 2013 г.), Всероссийской научно-практической конференции Владимирского НИИСХ Россельхозакадемии «Инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Нечерноземье» (Иваново, 2013 г.), Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 130-летию выхода в свет книги В.В. Докучаева «Русский чернозем» «Современные проблемы сохранения плодородия черноземов» (Каменная Степь, 2013 г.), Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Пермского НИИСХ «Развитие и внедрение современных технологий и систем ведения сельского хозяйства, обеспечивающих экологическую безопасность окружающей среды» (Пермь, 2013 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 научных работ, в том числе три статьи в изданиях рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 207 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 9 глав, выводов и предложений производству. Текстовая часть работы иллюстрирована 55 таблицами, 3 рисунками. Список использованной литературы включает 352 наименования, в том

числе 38 на иностранных языках. Приложения содержат 76 таблиц и акт о внедрении НИР.

Проведенные исследования являются составной частью НИР отдела агрохимии ГНУ Воронежского НИИСХ им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии по выполнению государственной темы 05.02.01 «Теоретически обосновать оптимальный ассортимент удобрений и других средств химизации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур для плодородия почв и продуктивности растений».

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Обзор литературы. Проведен краткий анализ литературных сведений о роли агрохимических средств в системе управления почвенным плодородием, продуктивностью и качеством продукции озимой пшеницы. При разработке мероприятий, направленных на улучшение плодородия чернозема обыкновенного и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур в севообороте, большое значение имеет выявление особенностей действия и последствий внесения минеральных, органических удобрений и кальцийсодержащих соединений на агрохимические, физико-химические, агрофизические и биологические свойства почвы.

Условия и методика проведения исследований. Экспериментальные исследования по изучению влияния минеральных, органических удобрений, кальцийсодержащих соединений на плодородие почвы, урожайность и качество зерна озимой пшеницы проводились в стационарном опыте отдела агрохимии, заложенном в 2001 году, в агроэкосистеме зернопаропропашного севооборота со следующим чередованием культур: пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень – кукуруза на зерно по схеме (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта

Вариант		
№ п/п	Черный пар	Озимая пшеница
1.	Без удобрений (контроль)	
2.		$N_{60}P_{60}K_{60}$
3.	Навоз, 40 т/га	$N_{60}P_{60}K_{60}$
4.	Карбонат кальция, 5 т/га	$N_{60}P_{60}K_{60}$
5.	Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га	$N_{60}P_{60}K_{60}$
6.	Дефекат, 5 т/га	$N_{60}P_{60}K_{60}$
7.	Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га	$N_{60}P_{60}K_{60}$

Навоз в дозе 40 т/га, карбонат кальция – 5 т/га, дефекат – 5 т/га внесены в черный пар. Под озимую пшеницу сорта Чернозёмка 88 вносилась рекомендуемая доза $N_{60}P_{60}K_{60}$ осенью в основную обработку в виде нитроаммофоски. Карбонат кальция – отход промышленного синтеза нитроаммофоски, выпускаемой Россошанским ОАО «Минудобрения». Дефекат – отход Елань-Коленовского свеклосахарного завода.

Повторность опыта четырехкратная. Размещение делянок систематическое, последовательное. Посевная площадь делянок – 45 м² (3×15), учетная – 30 м² (2,0×15). Агротехника возделывания озимой пшеницы проводилась в соответствии с рекомендациями для ЦЧЗ.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднесиловой, среднегумусный, тяжелосуглинистого гранулометрического состава со следующей агрохимической характеристикой: гумус – 6,41%; рН_{KCl} – 6,30; гидролитическая кислотность – 1,36 ммоль (экв.)/100г почвы; сумма поглощенных оснований – 40,18 ммоль (экв.)/100г почвы.

Уборку урожая проводили поделяночно комбайном САМПО 130. Урожайные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа с помощью персонального компьютера по Доспехову Б.А. (1985). Химические анализы почвенных и растительных образцов проводились в лабораториях ФГБНУ НИИСХ ЦЧП им. В.В.Докучаева, ФГБУ «САС «Таловская». Биоэнергетическую оценку изучаемых приемов окультуривания почв выполняли по методике биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства (1993).

Погодные условия в годы проведения исследований складывались по-разному. Более благоприятными для роста и развития озимой пшеницы были годы 2011, 2008, 2007, с суммой осадков близкой к среднемноголетнему значению при равномерном их распределении по месяцам и хорошей теплообеспеченности. Вероятной причиной гибели 80 % взшедших растений озимой пшеницы в 2010 г. является сочетание комплекса неблагоприятных условий осенней вегетации, низких температур января при недостаточной высоте снежного покрова и образование ледяной корки.

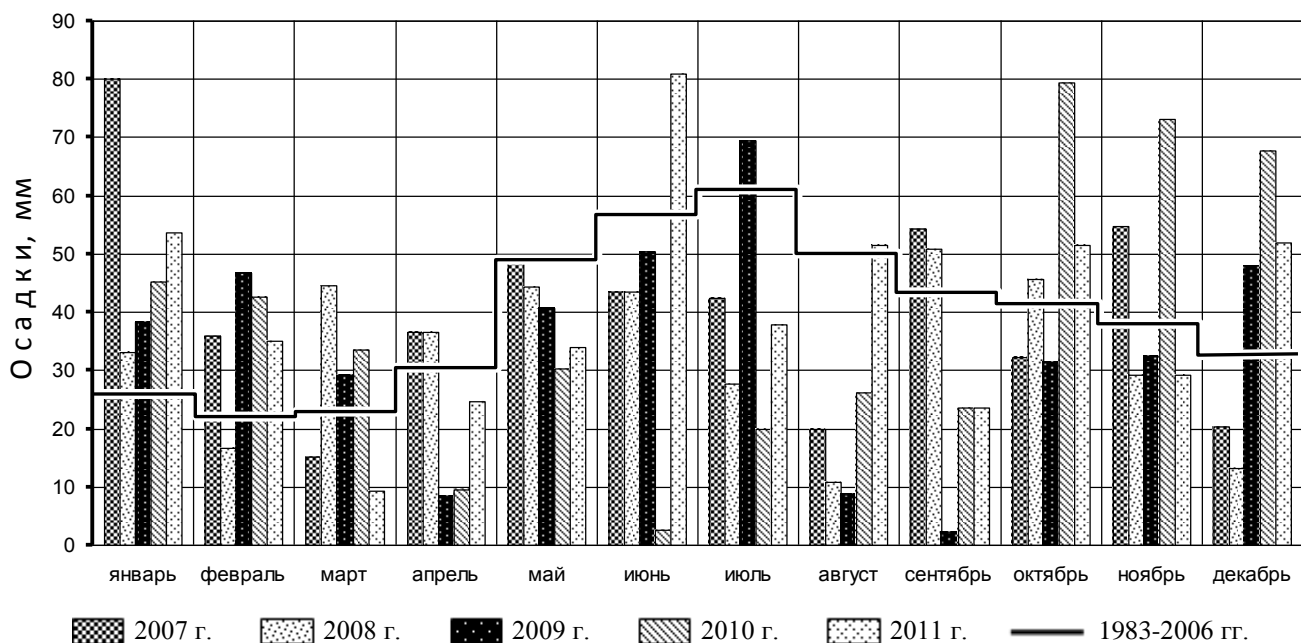


Рисунок 1 – Количество осадков за годы исследований (2007-2011 гг.)

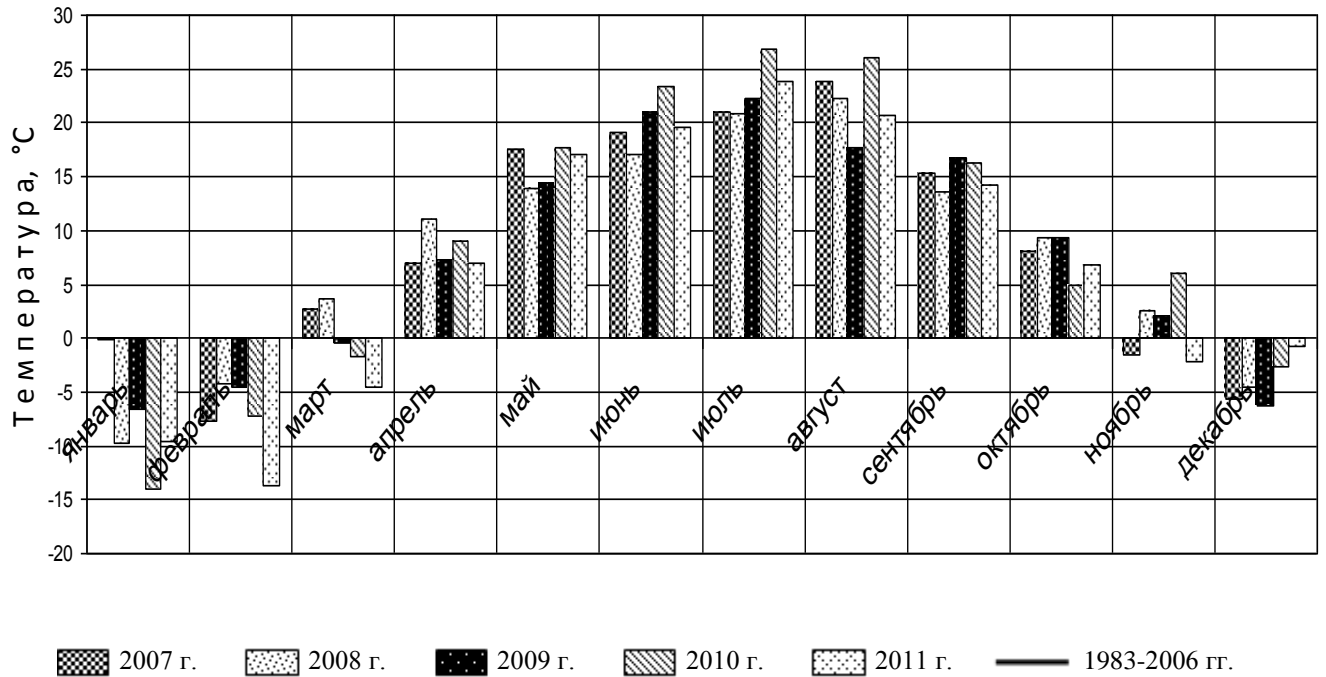


Рисунок 2 – Среднемесячная температура воздуха в годы проведения исследований (2007-2011 гг.)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изменение основных показателей питательного и водного режимов почвы под влиянием минеральных удобрений

Влияние агрохимических средств на содержание гумуса.

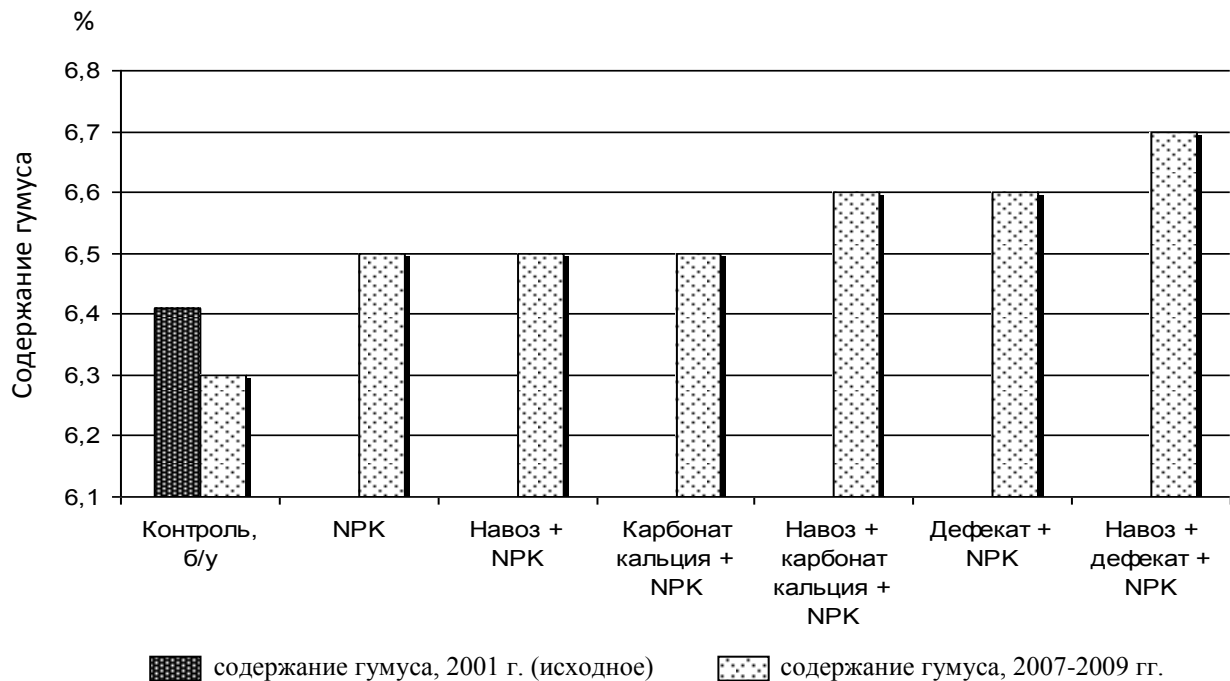


Рисунок 3 – Изменение содержания гумуса под озимой пшеницей в слое почвы 0-30 см, % абсолютно сухой почвы

Результаты исследований показали, что оптимальным для гумусонакопления явился вариант с совместным использованием на фоне 40 т/га навоза, 5 т/га дефектата и минеральных туков, где прирост гумуса от исходного состояния стационарного участка составил +0,29 абсолютных процентов или 4,52 относительных процентов.

Питательный режим почвы. Наблюдения за динамикой нитратного и аммонийного азота в черноземе обыкновенном показали, что содержание их варьирует в зависимости от вида удобрений, фаз вегетации озимой пшеницы, метеорологических условий лет проведения исследований. Наибольшее содержание нитратного азота на варианте комплексного взаимодействия органо-минеральных удобрений и кальцийсодержащих соединений – 16,8 мг/кг превышает контрольный вариант на 48,7 %, на котором этот показатель 11,3 мг/кг. Максимум аммонийного азота 4,0 мг/кг, что выше контроля на 48,1%.

При рассмотрении динамики подвижного фосфора в агроценозе озимой пшеницы пахотного горизонта можно отметить диапазон варьирования фосфатов на различных вариантах за исследуемые годы (2007-2011) в среднем за вегетацию от 106 до 160 мг/кг почвы. Концентрация подвижного фосфора на контрольном варианте – 106 мг/кг – соответствует классу повышенной обеспеченности подвижным фосфором по существующей группировке почв.

Применяемые приемы окультуривания повышают концентрацию обменного калия на 14,3-55,3 %.

Таблица 2 – Содержание N-NO₃, N-NH₄, P₂O₅ и K₂O в слое почвы 0-30 см под озимой пшеницей, мг/кг почвы (2007-2011 гг.)

Вариант опыта	N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль (без удобрений)	11,3	2,7	106	161
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	12,8	4,0	115	184
Навоз, 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	13,4	3,8	123	198
Карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	14,8	3,2	139	220
Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	16,8	2,4	146	250
Дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	16,3	2,4	135	213
Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	16,4	3,1	160	240
Среднее	14,5	3,1	132	209

Изменение физико-химических показателей. Применение агрохимических средств влияет на состав обменных катионов ППК, в большей степени на состав обменного кальция. На контрольном варианте количество обменного кальция 24,3 мг-экв./100 г почвы, на вариантах с применением средств окультуривания концентрация Ca⁺⁺ варьировала от 24,9 до 27,0 мг-экв./100 г. Максимальное повышение кальция в ППК отмечается на варианте с комплексным применением органо-минеральной системы и дефектата 5 т/га, где превышение над контролем составляет 11,1 %.

Концентрация Mg^{++} в почвенно-поглощающем комплексе в течение сезона практически не изменяется.

Реакция раствора в слое почвы 0-30 см под озимой пшеницей была близка к нейтральной.

Таблица 3 – Содержание обменного кальция, обменного магния, рН солевой вытяжки, гидролитической кислотности в слое почвы 0-30 см под озимой пшеницей, 2007-2011 гг.

Вариант опыта	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	рН	Гидролитическая кислотность
	ммоль (экв.) 100 г почвы			ммоль (экв.) 100 г почвы
Контроль (без удобрений)	24,3	4,3	6,4	1,26
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	26,5	4,3	6,3	1,46
Навоз, 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	25,8	3,8	6,3	1,39
Карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	24,9	4,0	6,5	1,11
Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	25,9	3,9	6,6	0,86
Дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	25,9	3,8	6,7	0,68
Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	27,0	4,0	6,8	0,61
Среднее	25,8	4,0	6,5	1,05

Аккумуляция микроэлементов и тяжелых металлов. В почве изучаемого агроценоза фоновое значение цинка 2,6 мг/кг, что ниже ПДК в 8,8 раза (таблица 4). По классификации Хабарова А.В. (1997) этот уровень содержания цинка относится к среднему, поэтому цинк в данном случае выступает как микроэлемент. Внесение всех агрохимических средств способствовало снижению концентрации подвижного цинка в пахотном горизонте почвы под озимой пшеницей. Внесение рекомендуемой дозы N₆₀P₆₀K₆₀ снижает концентрацию Zn на 4,0 %. Органические удобрения и кальцийсодержащие мелиоранты способствуют закреплению элемента в почве, образуя комплексные соединения, тем самым, уменьшая их доступность растениям. На варианте 3, где вносили 40 т/га навоза в паровое поле и минеральные удобрения содержание подвижного цинка ниже на 36,8 %, чем на контрольном варианте. Использование карбоната кальция, дефеката во взаимодействии с минеральными удобрениями как на фоне навоза, так и без него снижало концентрацию Zn в агрогенном горизонте на 30,0 % от контроля.

Исследования показали, что подвижный медью изучаемый чернозем обеспечен средне (таблица 4). Концентрация обменной меди на контроле 2,2 мг/кг, что по классификации Хабарова А.В. (1997) соответствует среднему содержанию. Применение всех средств окультуривания способствует снижению содержания подвижной меди в пахотном горизонте под озимой пшеницей.

Таблица 4 – Содержание Zn, Cu, Ni, Pb, Cd в слое почвы 0-30 см под озимой пшеницей, мг/кг (2007-2011 гг.)

Вариант опыта	Zn	Cu	Ni	Pb	Cd
Контроль (без удобрений)	2,6	2,2	2,8	3,5	0,04
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,5	2,0	3,0	3,3	0,05
Навоз, 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,9	1,9	2,9	3,4	0,04
Карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,0	1,8	3,1	3,6	0,05
Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,0	2,0	2,8	3,6	0,05
Дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,0	2,0	2,9	3,5	0,04
Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,0	2,1	2,8	3,7	0,05
Среднее	2,1	2,0	2,9	3,5	0,04
ПДК	23,0	3,0	4,0	6,0	1,0

Агроклиматические условия исследуемых лет практически не оказали никакого влияния на накопление подвижного никеля под озимой пшеницей в слое почвы 0-30 см. В среднем за вегетацию в 2007-2008 гг. содержание Ni составляло 2,9 мг/кг, в 2008-2009 гг. – также 2,9 мг/кг.

Фоновое содержание свинца в агроценозе озимой пшеницы 3,5 мг/кг, что в 1,7 раза ниже ПДК.

Концентрация подвижного кадмия в почвенном растворе чернозема обыкновенного на контрольном варианте 0,04 мг/кг, что ниже предельно допустимой концентрации в 25 раз.

Водный режим. Удобрения, улучшая обеспеченность растений элементами минерального питания и повышая урожайность, позволяют растениям озимой пшеницы более экономно расходовать влагу в расчете на единицу продукции, снижая коэффициент расхода воды до 46,4 %.

Таблица 5 – Коэффициент расхода воды озимой пшеницей в 2007-2011 гг., м³/т

Вариант опыта	Израсходовано влаги, м ³ /га		Суммарное водопотребление, м ³ /га	Коэффициент расхода воды, м ³ /т
	из слоя почвы 0-100 см	из атмосферных осадков		
Контроль, б/у	930	1661	2591	688
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	983	1661	2644	543
Навоз, 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	813	1661	2474	489
Карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	745	1661	2406	495
Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	777	1661	2438	475
Дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	793	1661	2454	490
Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	787	1661	2448	470

Количество водопрочных агрегатов. С агрономической точки зрения наиболее эффективным агроприемом, достоверно изменяющим водопрочность почвенных агрегатов является применение органических, минеральных удобрений совместно с карбонатом кальция, положительно влияющих на содержание обменного кальция в почвенно-поглощающем комплексе, который повышает коагуляцию почвенных коллоидов, что сохраняет водопрочную структуру.

Таблица 6 – Количество водопрочных агрегатов под озимой пшеницей в слое почвы 0-30 см в среднем за 2008-2009 гг., % на абс. сух. навеску

Вариант опыта	Срок определения		Среднее	Отклонение от контроля, %
	всходы	полная спелость		
Без удобрений (контроль)	78,82	72,00	75,41	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	79,86	77,84	78,85	4,56
Навоз, 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	77,82	78,32	78,07	3,53
Карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	78,20	73,88	76,04	0,84
Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	78,90	83,56	81,23	7,72
Дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	78,48	74,60	76,54	1,50
Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	76,78	74,86	75,82	0,54
Среднее	78,41	76,44	77,42	2,67
НСР _{0,95}			1,33	

Микробиологическая активность почвы в зависимости от различных систем удобрения. Учет численности различных физиологических групп микроорганизмов (таблица 7) методом посева почвенной суспензии определенных разведений на селективные питательные среды свидетельствует, что количество микроорганизмов, учтенных на МПА и усваивающих органические формы азота, и количество микроорганизмов, ассимилирующих минеральный азот и учитываемых на КАА, повышается под действием минеральной, органо-минеральной системы удобрения и совместного взаимодействия органо-минеральной системы с кальцийсодержащими мелиорантами.

Анализ суммарной биологической активности почвы аппликационным методом показал, что накопление аминокислот на льняном полотне возрастает под воздействием различных систем удобрения (таблица 8).

Таблица 7 – Структура микробного ценоза в слое почвы 0-30 см под озимой пшеницей в среднем за 2007-2009 гг.

Вариант опыта	Число микроорганизмов в 1г абсолютно сухой почвы							В 50 г почвы колоний
	млн. клеток				тыс. клеток			
	МПА	КАА	актино мицеты	минерали заторы гумуса	грибы	целлюлозо- разлагаю- щие	нитри- фикато- ры	азото- бактер
Без удобрений (контроль)	5,25	8,77	1,84	4,46	23,76	59,88	0,27	175
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	8,81	11,31	2,40	6,46	30,08	66,56	0,26	171
Навоз, 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	8,91	14,89	3,17	6,51	27,76	78,64	0,31	190
Карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	9,52	13,18	2,44	7,01	30,28	74,55	0,27	188
Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	8,27	13,78	2,66	7,37	24,55	75,54	0,26	198
Дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	7,23	14,37	2,48	10,15	28,18	57,06	0,25	181
Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	8,84	15,73	2,76	11,27	29,47	78,08	0,22	186
Среднее	8,11	13,15	2,58	7,60	27,74	70,05	0,28	184

Таблица 8 – Интенсивность накопления аминокислот и скорость разложения клетчатки в среднем за 2008-2009 гг.

Вариант опыта	Слой почвы, см	Интенсивность накопления аминокислот, опт. ед. на 1 г полотна	Отклонение от контроля	Скорость разложения клетчатки, %	Отклонение от контроля
Без удобрений (контроль)	0-20	0,142	–	8,77	–
	20-40	0,225	–	12,44	–
	0-40	0,184	–	10,61	–
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0-20	0,184	+0,042	7,12	–1,65
	20-40	0,153	–0,072	6,50	–5,94
	0-40	0,169	–0,015	6,81	–3,80
Навоз, 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0-20	0,184	+0,042	10,64	+1,87
	20-40	0,156	–0,069	10,71	–1,73
	0-40	0,170	–0,014	10,68	+0,07
Карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0-20	0,195	+0,053	9,28	+0,51
	20-40	0,193	–0,032	9,09	–3,35
	0-40	0,195	+0,011	9,19	–1,42
Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0-20	0,312	+0,170	17,39	+8,62
	20-40	0,262	+0,037	12,13	–0,31
	0-40	0,287	+0,103	14,76	+4,15
Дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0-20	0,260	+0,118	12,61	+3,84
	20-40	0,179	–0,046	12,52	+0,08
	0-40	0,220	+0,036	12,56	+1,95
Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0-20	0,250	+0,108	12,57	+3,80
	20-40	0,308	+0,083	15,58	+3,14
	0-40	0,279	+0,095	14,08	+3,47

Положительный баланс в накоплении аминокислот на льняном полотне в слое почвы 0-40 см отмечается на вариантах (4-7), на которых применялись кальцийсодержащие материалы как совместно с минеральной, так и с органо-минеральной системой удобрения.

Использование дефеката на органо-минеральном фоне активизировало разложение клетчатки на 3,14 % в слое почвы 20-40 см (таблица 8).

Эколого-агрохимическая оценка растениеводческой продукции.

Биохимический состав растениеводческой продукции.

Содержание азота, фосфора и калия в растениях озимой пшеницы в среднем за вегетацию, соответственно, 2,78; 0,70 и 2,26 % абсолютно сухого вещества. Применяемые агрохимические средства способствуют повышению макроэлементов в растениеводческой продукции.

Таблица 9 – Содержание макроэлементов в растительных образцах озимой пшеницы в среднем за 2009, 2011 г., % абс. сухого вещества

Вариант опыта	азот	фосфор	калий
Без удобрений (контроль)	2,55	0,62	2,12
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,66	0,67	2,19
Навоз, 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,88	0,70	2,26
Карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,74	0,77	2,29
Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,96	0,69	2,25
Дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,71	0,72	2,35
Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,95	0,70	2,32
Среднее	2,78	0,70	2,26
НСР _{0,95}	0,15	0,05	0,15

Химический состав конечных продуктов урожая, образовавшихся в репродуктивных органах, то есть зерна, подвержен в наименьшей степени изменениям под влиянием агрохимических факторов (таблица 10).

Таблица 10 – Химический состав зерна озимой пшеницы в среднем за 2008-2009 гг., % абсолютно сухого вещества

Вариант опыта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Без удобрений (контроль)	2,08	0,87	0,49	0,11
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,05	0,82	0,45	0,09
Навоз, 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,19	0,85	0,43	0,11
Карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,36	0,79	0,44	0,09
Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,23	0,82	0,48	0,12
Дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,38	0,82	0,46	0,11
Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,45	0,79	0,47	0,11
Среднее	2,25	0,82	0,46	0,11
НСР _{0,95}	0,05	0,04	0,02	0,01

Вынос азота одной тонной основной продукции озимой пшеницы с учетом побочной варьировал по вариантам от 24,7 до 28,5 кг, фосфора от 9,3 до 10,5, калия от 15,3 до 18,4 кг.

Содержание микроэлементов и тяжелых металлов в зерне представлены в таблице 11.

Поскольку различные агрохимические средства содержат определенное количество опасных для окружающей среды тяжелых металлов, требуется контроль за накоплением микроэлементов в растениеводческой продукции при длительном их применении.

Таблица 11 – Содержание микроэлементов и тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы в среднем за 2008 – 2009 гг., мг/кг

Вариант опыта	Zn	Cu	Ni	Pb	Cd
Контроль, б/у	13,70	2,91	0,47	0,43	0,016
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	13,20	3,20	0,57	0,40	0,022
Навоз, 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	15,88	3,07	0,48	0,41	0,017
Карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	13,41	2,22	0,43	0,45	0,013
Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	16,17	3,18	0,28	0,41	0,015
Дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	13,79	3,10	0,13	0,47	0,018
Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	14,84	2,19	0,26	0,49	0,018
Среднее	14,43	2,84	0,37	0,44	0,017
ПДК	50,00	10,00	5,00	0,50	0,100

Среднее значение количества цинка в зерне 14,43 мг/кг сухого вещества, среднее содержание меди 2,84 мг/кг, что ниже ПДК в 3,5 раза.

Количество никеля и свинца в обоих исследуемых годах одинаковое.

Содержание кадмия в среднем 0,017 мг/кг, что в 5,9 раза ниже ПДК (предельно допустимой концентрации).

Результаты экспериментальных исследований показали, что на ассимиляцию нитратов растениеводческой продукцией озимой пшеницы применяемые агрохимические средства оказывают положительное действие (таблица 12).

Таблица 12 – Содержание нитратов в растительных образцах озимой пшеницы в среднем за 2009 г., 2011 г., мг/кг

Вариант опыта	Срок определения		Среднее	Отклонение от контроля, %
	В.В.В.В.	колошение		
Без удобрений (контроль)	7,03	3,41	5,22	–
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	8,55	5,91	7,23	38,5
Навоз, 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	8,70	7,29	7,99	53,1
Карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	8,10	8,92	8,51	63,0
Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	7,44	11,64	9,54	82,8
Дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	9,04	16,88	12,96	148,3
Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	7,60	15,09	11,34	117,2
Среднее	8,06	9,87	8,97	71,8
ПДК	500,00			

Среднее количество нитратного азота в растениях озимой пшеницы 8,97 мг/кг, что значительно ниже ПДК. Концентрация нитратов в фазу колошения пшеницы выше, чем в период возобновления весенней вегетации на 22,5 %.

Биохимический состав сорной растительности. Засоренность посевов – один из основных факторов, снижающих эффективность мероприятий, направленных на повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

Таблица 13 – Содержание в среднем азота, фосфора, калия, кальция в сорняках в среднем за 2008-2009 гг., % абсолютно сухого вещества

Вариант опыта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Без удобрений (контроль)	1,75	0,49	2,13	1,50
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,91	0,57	2,43	2,17
Навоз, 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,96	0,55	2,52	1,99
Карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,10	0,64	3,19	1,96
Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,93	0,57	2,82	2,25
Дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	2,19	0,61	2,77	1,92
Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,93	0,55	2,94	2,20
Среднее	1,96	0,57	2,68	2,00
НСР _{0,95}	0,11	0,04	0,10	0,12

Концентрация азота в сорняках в среднем за вегетацию варьировала от 1,91 до 2,19 %, фосфора – от 0,55 до 0,64 %, калия от 2,43 до 3,19 %, кальция от 1,92 до 2,25 % абсолютно сухого вещества.

Анализ соотношения выноса основных элементов питания озимой пшеницей и сорными растениями (таблица 14) показывает, что озимая пшеница достаточно конкурентоустойчивая культура по отношению к сорнякам.

Таблица 14 – Вынос элементов питания озимой пшеницей и сорными растениями

Вариант опыта	Вынос элементов питания					
	кг/га			%		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7
Контроль, без удобрений	<u>87,1</u>	<u>37,3</u>	<u>71,6</u>	<u>86,9</u>	<u>91,0</u>	<u>81,8</u>
	13,1	3,68	16,0	13,1	8,98	18,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	<u>115,7</u>	<u>45,7</u>	<u>83,0</u>	<u>88,4</u>	<u>91,0</u>	<u>81,2</u>
	15,2	4,52	19,3	11,6	9,00	18,8
Навоз, 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	<u>128,6</u>	<u>48,8</u>	<u>99,6</u>	<u>88,9</u>	<u>91,6</u>	<u>82,9</u>
	16,0	4,49	20,6	11,1	8,43	17,1

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7
Карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	<u>124,9</u> 15,9	<u>44,1</u> 4,84	<u>102,1</u> 24,1	<u>88,7</u> 11,3	<u>90,1</u> 9,89	<u>80,9</u> 19,1
Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	<u>133,7</u> 15,0	<u>45,3</u> 4,43	<u>104,2</u> 21,9	<u>89,9</u> 10,1	<u>91,1</u> 8,91	<u>82,6</u> 17,4
Дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	<u>131,1</u> 15,3	<u>43,2</u> 4,26	<u>101,5</u> 19,4	<u>89,5</u> 10,5	<u>91,0</u> 8,98	<u>84,0</u> 16,0
Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	<u>139,0</u> 15,2	<u>49,0</u> 4,32	<u>101,7</u> 23,1	<u>90,2</u> 9,84	<u>91,9</u> 9,10	<u>81,5</u> 18,5

Примечание: числитель – вынос основной продукцией озимой пшеницы с учетом побочной;
знаменатель – вынос сорной растительностью.

Вынос азота сорными растениями в агроценозе озимой пшеницей составляет в среднем 10 % от суммарного выноса этого элемента культурными и сорными растениями. Применяемые агрохимические средства повышают вынос N сорняками на 9,1-25,1 %. Вынос фосфора сорняками около 9 % и изменяется в сторону повышения в зависимости от средств окультуривания на 12,2-30,6 %. Вынос калия сорняками составил в среднем 18 % от суммы общего выноса. Используемые агроприемы повышают вынос K₂O сорной растительностью на 14,1-49,8 %.

Динамика микроэлементов и тяжелых металлов в сорняках. В сегетальной растительности, также как и растительной продукции озимой пшеницы, аккумуляция микроэлементов и тяжелых металлов при применении агрохимических средств повышается, кроме кадмия.

Таблица 15 – Содержание цинка, меди, никеля, свинца, кадмия в сорняках в среднем за 2008-2009 гг., мг/кг

Вариант опыта	Zn	Ni	Cu	Pb	Cd
Контроль, без удобрений	15,53	2,91	3,52	0,26	0,047
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	18,70	3,32	3,75	0,39	0,061
Навоз, 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	22,42	3,83	3,86	0,44	0,041
Карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	30,67	4,67	3,75	0,28	0,045
Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	28,45	4,76	3,64	0,40	0,048
Дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	29,45	4,75	4,52	0,33	0,038
Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	32,37	5,31	3,95	0,43	0,042
Среднее	25,37	4,22	3,86	0,36	0,046
НСР _{0,95}	2,71	0,35	0,19	0,12	0,012

Продуктивность озимой пшеницы.

Урожайность зерна озимой пшеницы. Основным интегральным показателем эффективности применяемых агрохимических приемов является урожайность возделываемых культур. Прирост урожая от применения агрохимических средств изменялся от 1,06 до 1,46 т/га, при НСР_{0,95} = 0,15.

Таблица 16 – Урожайность зерна озимой пшеницы в среднем за 2008-2009, 2011 гг., т/га

Вариант опыта	Годы			Среднее	Прибавка	
	2008	2009	2011		т/га	%
Контроль, без удобрения	3,56	4,78	3,25	3,86	–	–
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,27	5,74	4,75	4,92	1,06	27,5
Навоз, 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,45	6,11	4,89	5,15	1,29	33,4
Карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,34	5,84	4,77	4,98	1,12	29,0
Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,52	6,16	4,91	5,20	1,34	34,7
Дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,56	5,91	4,81	5,09	1,23	31,9
Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,80	6,20	4,95	5,32	1,46	37,8
Среднее	4,36	5,82	4,62	4,93		
НСР _{0,95}	0,15	0,17	0,13	0,15		

Максимальный прирост урожайности получен при комплексном использовании 40 т навоза, 5 т дефеката, внесенных на 1 га севооборотной площади в паровое поле пятипольного зернопаропропашного севооборота, и рекомендуемой дозы минеральных удобрений под озимую пшеницу N₆₀P₆₀K₆₀ – 1,46 т/га, что выше контроля на 37,8 %.

Качество продукции. Используемые агрохимические приемы являются не только средством повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, но и управления их качеством.

Таблица 17 – Качественные показатели зерна озимой пшеницы в 2008, 2009, 2011 гг.

Вариант опыта	Белок		Клейковина, %	Стекловидность		Выход муки, %
	содержание, %	сбор, т/га		общая, %	стекло-видных зерен, шт.	
1	2	3	4	5	6	7
Контроль, б/у	15,0	0,58	32,0	37,1	8	61,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	15,5	0,76	35,5	43,0	13	66,6
Навоз, 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	16,0	0,82	36,7	47,7	17	67,1
Карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	16,2	0,81	38,2	45,8	13	66,3

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6	7
Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	16,9	0,88	38,0	48,9	16	65,6
Дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	15,8	0,81	36,8	46,3	14	65,5
Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	16,6	0,88	37,5	53,1	20	66,8
Среднее	16,0	0,79	36,4	46,0	14	65,6
НСР _{0,95}	0,64	0,12	2,79	5,33	2,28	4,03

С применением агрохимических средств качественные показатели зерна озимой пшеницы улучшаются. Содержание клейковины – наиболее важный качественный признак. От количества клейковины и ее качества зависят хлебопекарные свойства зерна пшеницы и питательная ценность хлебных изделий. Зерно, используемое для выпечки хлеба, должно содержать не менее 25 % клейковины. Наилучшее качество хлеба обеспечивает зерно с содержанием клейковины не менее 28-32 %. Показатель клейковины в зерне озимой пшеницы в 2008, 2009, 2011 годах колебался по вариантам с применением агрохимических средств от 35,49 до 38,18 %, при значении на контрольном варианте 32,03 %.

Биоэнергетическая и экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы

Мероприятия, применяемые в сельском хозяйстве должны быть экономически выгодны и энергетически целесообразны.

Применение удобрений, позволяющее получать более высокую урожайность, приводило не только к увеличению показателей стоимости получаемой продукции, но и повышало уровень затрат и себестоимость зерна.

Таблица 18 – Биоэнергетическая оценка технологии возделывания озимой пшеницы по черному пару в пятипольном севообороте в 2008, 2009, 2011 гг.

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Затраты совокупной энергии, МДж/га	Выход энергии с урожаем зерна МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности	Энергоемкость, МДж/т	Приращение энергии, ΔЕ МДж/га
Контроль, б/у	3,86	15565	63504	4,08	4032	47939
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,92	23536	80943	3,44	4784	57407
Навоз, 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,15	44762	84727	1,89	8692	39965
Карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,98	38304	81930	2,14	7691	43626
Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,20	59775	85549	1,43	11495	25773
Дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,09	38648	83739	2,17	7593	45091
Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,32	59889	87523	1,46	11257	27633

Среди исследуемых вариантов наиболее экономически выгодно возделывать озимую пшеницу с применением рекомендуемой дозы минеральных удобрений N₆₀P₆₀K₆₀, которая обеспечивает максимальную рентабельность производства – до 140 % (таблица 19).

Энергетическая оценка применяемых систем удобрения под озимую пшеницу показывает, что при использовании различных агрохимических средств на фоне применения туков коэффициент энергетической эффективности снижается, однако применяемые средства окультуривания в изучаемом агроценозе характеризуются как энергетически эффективные, так как КЭЭ при возделывании пшеницы 1,43-3,44, что выше 1 (таблица 18).

Таблица 19 – Экономическая эффективность технологий возделывания озимой пшеницы по черному пару в 2008, 2009, 2011 гг.

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Стоимость урожая с 1 га, руб.	Прямые затраты с 1 га, руб.	Себестоимость 1 т продукции, руб.	Условный чистый доход, руб.	Уровень рентабельности, %	Затраты труда на 1 га чел. час	Затраты чел. час. на 1 т прод.
Контроль, б/у	3,86	23160	4304	1115	18856	438	3,89	1,01
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,92	29520	12289	2498	17231	140	5,49	1,12
Навоз, 40 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,15	30900	15499	3009	15401	99,4	7,41	1,44
Карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,98	29880	16324	3278	13556	83,0	5,76	1,16
Навоз, 40 т/га + карбонат кальция, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,20	31200	19565	3762	11635	59,5	7,67	1,47
Дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,09	30540	16372	3216	14168	86,5	5,81	1,14
Навоз, 40 т/га + дефекат, 5 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	5,32	31920	19440	3654	12480	64,2	7,73	1,45

Выводы

1. Приоритетным приемом воспроизводства гумуса в черноземе обыкновенном является внесение 40 т подстилочного навоза и 5 т дефеката на единицу севооборотной площади, которые совместно с минеральными удобрениями повышают гумусонакопление на 6,3 %.

2. Комплексное использование органо-минеральных удобрений и кальцийсодержащих соединений повышает концентрацию нитратного азота в агрогенном горизонте под озимой пшеницей на 45,1-48,7 % относительно контрольного варианта, аммонийного азота – на 14,8 %, минерального азота – на 45,4-51,3 %.

3. Под влиянием органо-минеральной системы удобрения совместно с кальцийсодержащими соединениями содержание подвижного фосфора в пахотном слое повышается на 37,7-50,9 %.

4. Несмотря на высокую обеспеченность чернозема обыкновенного калием, применение агрохимических средств в агроэкосистеме зернопаропропашного севооборота оказывает положительное влияние на калийный режим почвы, повышая концентрацию обменного калия до 55,3 %. Максимальное отклонение от контроля на варианте внесения в пар 40 т/га навоза, 5 т/га карбоната кальция и рекомендуемой дозы удобрений под озимую пшеницу $N_{60}P_{60}K_{60}$.

5. Наиболее эффективным агроприемом, повышающим насыщение почвенно-поглощающего комплекса кальцием и изменяющим реакцию почвенного раствора, является использование кальцийсодержащих соединений (5 т/га дефеката), который на органо-минеральном фоне повышает количество Ca^{++} на 11,1 % и снижает обменную кислотность на 6,3 %.

6. Установлена средняя аккумуляция в агрогенном горизонте подвижного цинка и среднее содержание подвижной меди, концентрация на контрольных вариантах подвижных форм которых 2,6 и 2,2 мг/кг. Природный уровень подвижного никеля в 1,4 раза ниже ПДК. Использование изучаемых агрохимических средств не способствует накоплению тяжелых металлов в почве. Фоновый уровень концентрации свинца 3,5 мг/кг, кадмия – 0,04 мг/кг, что ниже ПДК, соответственно, в 1,7 и 25,0 раз.

7. Применение агрохимикатов играет позитивную роль в водном режиме чернозема обыкновенного. Использование навоза, карбоната кальция и туков повышает запас продуктивной влаги в пахотном горизонте на период всходов на 7,3-16,1 %. При использовании удобрений более экономно расходуется влага в расчете на единицу продукции озимой пшеницы. Коэффициент расхода воды снижается до 46,4 %.

8. К улучшителям водопроходной структуры почвы относятся органо-минеральные удобрения и кальцийсодержащие соединения (карбонат кальция), которые повышают водопроходность агрегатов на 7,72 %.

9. Применение агрохимических средств положительно влияет на развитие ценных в агрономическом отношении групп микроорганизмов (аммонифицирующих, нитрифицирующих, целлюлозоразлагающих, азотфиксирующих). Анализ суммарной биологической активности почвы аппликационным методом, показал, что комплексное использование всех изучаемых средств повышает мобильность азота на 29,6-119,7 %.

10. Наибольшим изменениям под влиянием различных приемов окультуривания подвержен элементный состав молодых растений озимой пшеницы, в наименьшей степени – состав конечных продуктов урожая (зерно). Максимальное воздействие на накопление макроэлементов растениями оказывает совместное применение органо-минеральных удобрений и кальцийсодержащих соединений, повышая концентрацию азота до 16,08, фосфора – до 12,90, калия – до 9,43 относительных процентов.

11. Вынос азота одной тонной основной продукции озимой пшеницы с учетом побочной варьировал по вариантам от 24,7 до 28,5 кг, фосфора от 9,3 до 10,5, калия от 15,3 до 18,4 кг.

12. Наиболее эффективными агроприемами для повышения концентрации в растениеводческой продукции озимой пшеницы таких микроэлементов, как цинк, медь, являются органо-минеральная система удобрения, минеральные туки и кальцийсодержащие соединения, активизирующие цинконакопление на 8,3-18,0 %, меденакопление – на 5,5-9,3 %.

13. Изучаемые средства агрохимии не являются источниками загрязнения растениеводческой продукции тяжелыми металлами и нитратами, так как содержание их ниже предельно допустимой концентрации, поэтому продукция экологически безопасна.

14. Отчуждение азота, фосфора и калия сорной растительностью в агроценозе озимой пшеницы составляет, соответственно, 10; 9 и 18 % от общего выноса этих элементов. Применяемые агроприемы повышают содержание азота в сорняках на 9,1-25,1 %, фосфора – на 12,2-30,6 %, калия – на 14,1-49,8 %, а также концентрацию микроэлементов и тяжелых металлов, кроме кадмия.

15. Рациональное применение удобрений обеспечивает достоверную прибавку урожая зерна озимой пшеницы до 1,46 т/га, при $НСР_{0,95} = 0,15$. Максимальный прирост урожайности установлен при использовании в последствии 40 т навоза, 5 т дегеката, внесенных на 1 га севооборотной площади, и рекомендуемой дозы минеральных удобрений под озимую пшеницу $N_{60}P_{60}K_{60}$, где урожай достиг 5,32 т/га, при величине контрольного варианта 3,86 т/га.

16. Систематическое применение удобрений оказывает положительное влияние на качественные показатели зерна озимой пшеницы. С применением агрохимических средств содержание белка в зерне повышается на 3,5-12,3 %, клейковины – на 10,8-19,2 %, выход муки – на 6,6-9,2 %, стекловидность – на 15,9-43,1 %. Сбор белка возрастает на 31,0-51,7 %.

17. Коэффициент энергетической эффективности при использовании средств химизации снижается, однако применяемые средства окультуривания в агроценозе озимой пшеницы характеризуются как энергетически эффективные. Наибольший выход энергии с урожаем основной продукции озимой пшеницы обеспечивает совместное использование органо-минеральной системы удобрения и кальцийсодержащих соединений – до 59775-59889 МДж/га, при значении на контроле 15565 МДж/га.

18. Наибольшую рентабельность производства при возделывании озимой пшеницы обеспечивает применение рекомендуемой дозы удобрения – до 140 %.

Предложения производству

1. Для хозяйств среднего экономического потенциала на черноземе обыкновенном ЦЧЗ под озимую пшеницу целесообразно вносить минеральные удобрения из расчета $N_{60}P_{60}K_{60}$, которые обеспечивают урожай зерна 4,92 т/га и сбор белка 0,76 т/га, что превышает вариант без удобрений, соответственно, на 27,5-31,0 %.

В экономически устойчивых хозяйствах, имеющих достаточное количество навоза, в агроэкосистеме зернопаропропашного севооборота рекомендуется применять органо-минеральную систему удобрения с внесением 40 т/га навоза в пар и рекомендуемой дозы под озимую пшеницу $N_{60}P_{60}K_{60}$, что дает возможность получить до 5,15 т зерна и 0,82 т белка с единицы площади, превышающих контроль на 33,4 и 41,4 %.

Хозяйствам с развитой экономикой для получения 5,20-5,32 т/га зерна озимой пшеницы и 0,88 т/га белка предлагается использование на фоне органо-минеральной системы (40 т/га навоза + $N_{60}P_{60}K_{60}$) местных кальцийсодержащих мелиорантов (5 т/га дефеката или 5 т/га карбоната кальция), что обеспечивает прибавку зерна до 37,8, белка – до 51,7 %.

2. С целью сохранения и воспроизводства почвенного плодородия, улучшения химических, физических, физико-химических и микробиологических показателей чернозема обыкновенного необходимо комплексное использование минеральной системы удобрения под озимую пшеницу в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$, органических удобрений и кальцийсодержащих материалов в виде 40 т подстилочного навоза, 5 т дефеката или 5 т карбоната кальция, внесенных на единицу площади раз в ротацию пятипольного зернопаропропашного севооборота, обеспечивающих высокий агроэкологический и энергетический эффект.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России

1. Мухина С.В. Технология возделывания озимой пшеницы / С.В.Мухина, **Н.И. Юрьева**, В.В. Авдеева // Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 1(13). – С. 56-58.

2. Мухина С.В. Влияние различных агрохимических средств на урожай и качество озимой пшеницы/С.В. Мухина, В.В. Авдеева, Л.Я. Измайлова, **Н.И. Юрьева** // Энтузиасты аграрной науки: Труды Куб. ГАУ. – Краснодар, 2009. – Вып.9. – С.107-110.

3. **Юрьева Н.И.** Элементный состав растениеводческой продукции озимой пшеницы при различных системах удобрения / Н.И. Юрьева, В.В. Авдеева, Л.Я.Измайлова // Энтузиасты аграрной науки: Труды Куб. ГАУ. – Краснодар, 2009. – Вып. 10. – С.385-389.

Публикации в других изданиях

4. Мухина С.В. Эффективность применения удобрений под озимую пшеницу на черноземе обыкновенном ЦЧР / С.В. Мухина, В.В. Авдеева, Л.Я. Измайлова, **Н.И. Юрьева**, Т.А. Калабухова // Научно-практические основы со-

хранения и воспроизводства плодородия почв ЦЧЗ: Мат. Терр. коорд. сов. «Проблемы земледелия ЦЧЗ». - Каменная Степь, 2008. – С. 77-79.

5. Мухина С.В. Водный режим на различных агрофонах озимой пшеницы / С.В.Мухина, В.В. Авдеева, **Н.И. Юрьева**, Л.Я. Измайлова // Научн. обеспеч. агропром. комплекса Поволжья и сопред. регионов: Мат. науч. – практ. конф., посвящ. 100 летию ПНИИСХ. – Пенза, 2009. – С. 311-313.

6. Мухина С.В. Питательный режим и продуктивность озимой пшеницы в условиях юго-востока ЦЧЗ / С.В. Мухина, В.В. Авдеева, **Н.И. Юрьева** // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве с/х продукции: Мат. науч.-практ. конф.. – Тамбов, 2009. – С. 83-88.

7. Мухина С.В. Калийный режим в зависимости от системы удобрений озимой пшеницы / С.В. Мухина, В.В. Авдеева, **Н.И. Юрьева**, Л.Я. Измайлова // Пути сохранения плодородия почв: Мат. Терр. коорд. сов. «Проблемы земледелия ЦЧЗ». – Воронеж, 2009. – Ч.1. – С.143-144.

8. Мухина С.В. Воздействие удобрений на фосфатный режим под озимой пшеницей / С.В. Мухина, В.В. Авдеева, **Н.И. Юрьева**, Л.Я. Измайлова // Пути сохранения плодородия почвы: Мат. Терр. коорд. сов. «Проблемы земледелия ЦЧЗ», - Воронеж, 2009. – Ч.1. – С. 144-146.

9. Мухина С.В. Азотный режим в агроценозе озимой пшеницы при различных системах удобрения / С.В. Мухина, В.В. Авдеева, **Н.И. Юрьева**, Л.Я. Измайлова // Пути сохранения плодородия почвы: Мат. Терр. коорд. сов. «Проблемы земледелия ЦЧЗ». - Воронеж, 2009. – Ч.1. – С. 146-148.

10. Мухина С.В. Удобрения и качественные показатели зерна озимой пшеницы / С.В. Мухина, В.В.Авдеева, **Н.И. Юрьева**, Л.Я. Измайлова // Пути сохранения плодородия почвы: Мат. Терр. коорд. сов. «Проблемы земледелия ЦЧЗ». – Воронеж, 2009. – Ч.1. – С. 148-150.

11. Мухина С.В. Трансформация минерального азота в метровом слое почвы под озимой пшеницей при использовании удобрений / С.В. Мухина, В.В. Авдеева, **Н.И. Юрьева**, Л.Я. Измайлова // Пути сохранения плодородия почвы: Мат. Терр. коорд. сов. «Проблемы земледелия ЦЧЗ». – Воронеж, 2009. – Ч.1. – С. 151-153.

12. **Юрьева Н.И.** Агрохимические средства и биохимический состав растениеводческой продукции / Н.И. Юрьева // Молодые ученые агропромышленному комплексу Поволжья: Мат. науч.- практ. конф. – Саратов, 2010. – С. 296-298.

13. **Юрьева Н.И.** Роль агрохимических средств в формировании продуктивности озимой пшеницы / Н.И. Юрьева // Перспективные технологии для современного сельскохозяйственного производства: Сб. научн. докл. Всеросс. школы молодых ученых и специалистов, Каменная Степь. – Воронеж: «Истоки», 2012. – С. 146-150.

14. **Юрьева Н.И.** Роль минерального питания в формировании урожайности озимой пшеницы / Н.И. Юрьева // Перспективные технологии для современного сельскохозяйственного производства: Сб. докл. Всеросс. школы молодых ученых и специалистов. – Суздаль: ГНУ Владимирский НИИСХ Россельхозакадемии, 2013. – С. 54-56.